

ТОПОГРАФИЯ ПОВЕРХНОСТИ МАГНИЯ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ ЕЕ ИОНАМИ СКАНДИЯ

М.В. Жидков¹⁾, Ю.Р. Колобов¹⁾, А.Е. Лигачев²⁾, Г.В. Потемкин³⁾, О.А. Буреев⁴⁾

¹⁾Белгородский государственный университет, Белгород, Россия

²⁾Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия

³⁾Томский политехнический университет, Томск, Россия

⁴⁾Институт электрофизики УрО РАН, Екатеринбург, Россия

С помощью растровой электронной микроскопии высокого разрешения изучена топография поверхности магния после его облучения ионами скандия.

Введение

Для повышения коррозионной стойкости поверхности магния в него можно вводить скандий. Это можно сделать путем обработки приповерхностных слоев потоком ионов скандия. Поэтому в данном исследовании представлены экспериментальные результаты по изучению топографии поверхности магния после её обработки ионами Sc^+ .

Методика эксперимента

Облучаемый материал – технически чистый магний. Параметры ионного пучка: Sc^+ (30 кэВ, длительность импульса 0.5 мс, частота следования импульсов 50 Гц при плотности ионного тока $j = 0.6 \text{ мА/см}^2$ и дозе ионов $10^{16} - 10^{18} \text{ см}^{-2}$ при давлении внутри камеры $(3-4) \cdot 10^{-4} \text{ мм.рт.ст.}$). Топографию поверхности исследовали с помощью растрового электронного микроскопа высокого разрешения Quanta 600 FEG.

Результаты и их обсуждение

Кратеры расположены не только по всей поверхности образца (рис. 1а), но и по границе двойников (рис. 1б). Кратеры имеют симметричную округлую выпуклую форму (рис. 1в). После увеличения дозы ионов в два раза структура кратеров и их количество на облученной поверхности практически не изменяется (рис. 2).

При дозе ионов скандия равной $1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-2}$ количество кратеров на единице поверхности магния несколько увеличивается, но кардинально изменяется форма кратера. Она приближается к форме шестиугольника, и кратеры группируются в группы, в каждой из которых содержится как минимум 5-6 кратеров (рис. 3а), граница которых в основном имеет шестиугольную форму (в то же время попадают кратеры, граница которых имеет вид неправильного треугольника и четырехугольника (рис. 3).

Что касается кратеров шестигранной формы, то они выпуклые, имеют купол почти сферической формы, который в центре разрушен (рис. 4). В глубине кратера под поверхностью разрушенного купола структура поверхности дна кратера не гладкая, и на дне присутствуют частицы пластинчатой формы максимального размера несколько мкм. Кратеры такой формы обнаружены впервые, и причина их возникновения пока не установлена. При обработке магния мощными

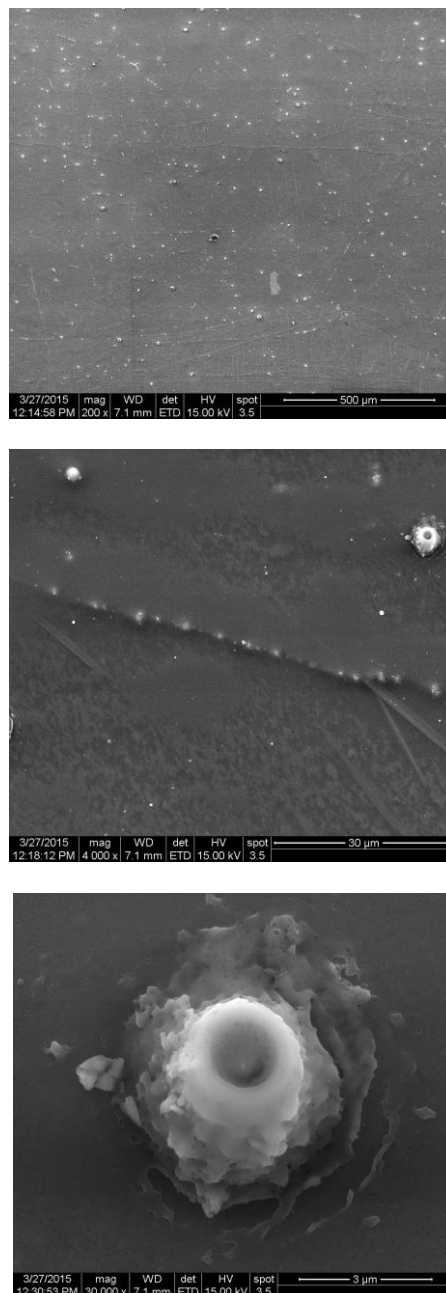


Рис. 1. Поверхность магния после облучения ионами $\text{Sc}^+(2 \cdot 10^{17} \cdot \text{см}^{-2})$.

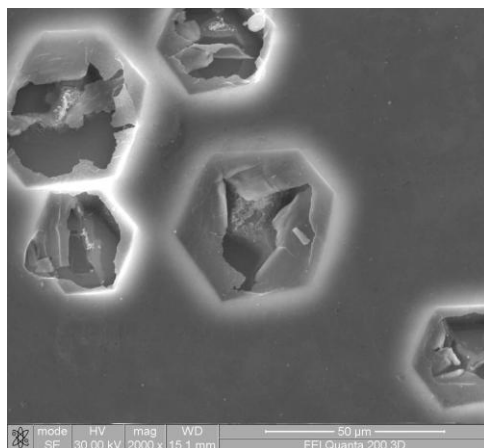
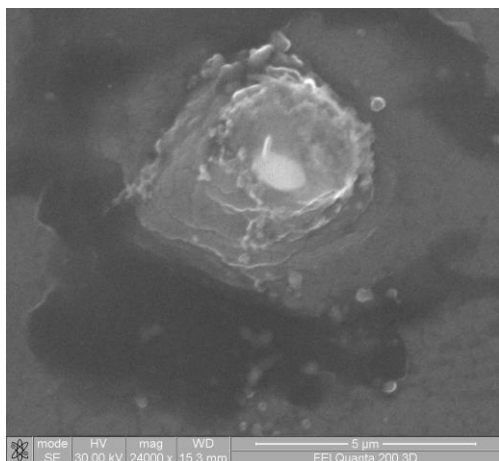


Рис. 2. Форма кратеров после обработки магния ионами Sc^+ ($5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$).

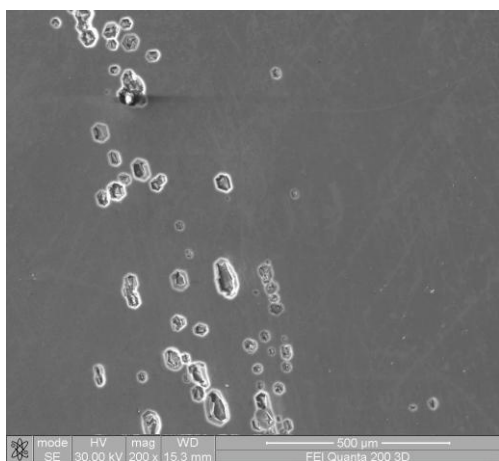
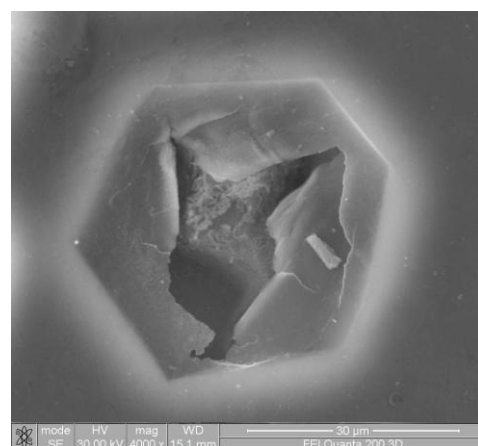
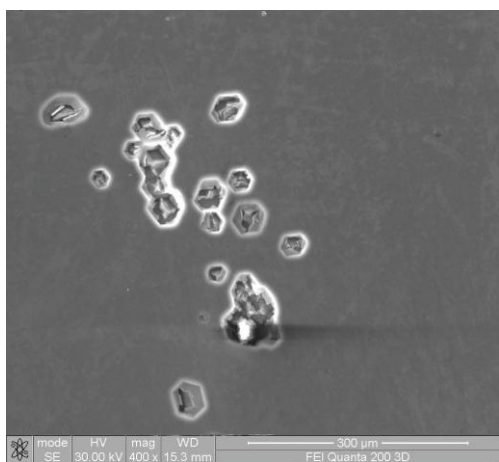


Рис. 3. Поверхность магния после облучения ионами Sc^+ ($1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-2}$).

импульсными потоками ионов углерода на его поверхности также образуются кратеры. Но все они имели симметричную округлую форму и их глубина изменялась от долей до 2-3 мкм. Кратеры, периметр которых выглядит как шестиугольник, образуются при дозе ионов 10^{18} см^{-2} . При

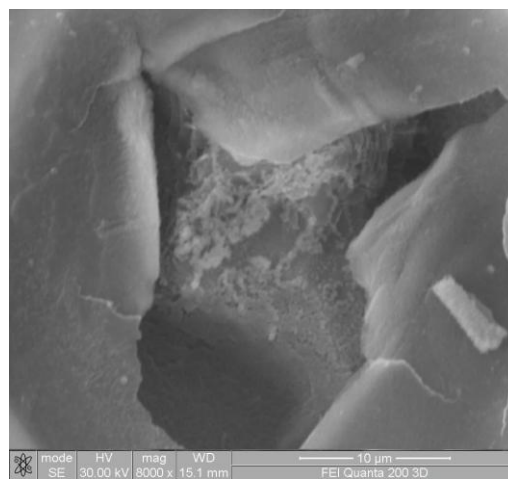


Рис. 4. Кратеры на поверхности магния (Sc^+ , $1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-2}$)

меньших дозах ионов скандия кратеры также образуются, но их форма в целом округлая, хотя имеет сложную структуру (рис. 1, 2).

Закключение

В результате обработки поверхности магния ионами скандия при дозах $10^{17} - 10^{18} \text{ см}^{-2}$ на ней образуются кратеры округлой формы с основанием, которое имеет форму треугольника, прямоугольника и почти правильного шестиугольника. Кратеры с основанием в виде шестиугольника

образуются только при дозе 10^{18} см^{-2} . Механизм образования таких кратеров нам не известен и требует дополнительного изучения.

2. Shulov V.A., Nochovnaya N.A. Crater formation on the surface of metals and alloys during high power ion beam processing. // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. 1999. V. 148. P. 154–158.

3. Комаров Ф.Ф. Ионная имплантация в металлы. М.: Металлургия, 1990. 216 с.

Список литературы

1. Ковивчак В.С., Панова Т.К., Михайлов К.А. Поверхностное структурирование поликристаллического магния при воздействии мощного ионного пучка наносекундной длительности. // Письма в ЖТФ, 2010. Т. 36. Вып. 23. С. 55–61.

THE CHANGE IN THE SURFACE TOPOGRAPHY OF MAGNESIUM UNDER Sc^+ ION IRRADIATION

M.V. Zhidkov¹, Y.R. Kolobov¹, A.E. Ligachev², G.V. Potyomkin³, O.A. Bureev⁴

¹Belgorod State University, Belgorod, Russia

²A.M. Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

³Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia,

⁴Institute of Electrophysics of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The topography and the structure of magnesium surface after Sc^+ ion irradiation is investigated. The results of investigations shown significant evolution structure of surface and surface layers.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ СИЛУМИНА, ПОДВЕРГНУТОГО ВОЗДЕЙСТВИЮ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

Ю.Ф. Иванов¹, К.В. Алсараева², Л.П. Басченко²,
В.Е. Громов², С.В. Коновалов², А.Д. Тересов¹,

¹Институт сильноточной электроники СО РАН,

пр. Академический, 2/3, Томск, 634055, Россия, yufi55@mail.ru

²Сибирский государственный индустриальный университет,

ул. Кирова, 42, Новокузнецк, 654007, Россия, Luda.baschenko@gmail.com

Осуществлено модифицирование поверхности эвтектического силумина высокоинтенсивным импульсным электронным пучком, выполнены многоцикловые усталостные испытания. Определен режим облучения, который позволяет повысить усталостную долговечность материала более, чем в три раза. Проведены исследования структуры поверхности облучения и поверхности усталостного разрушения силумина в исходном (необлученном) состоянии и после модифицирования интенсивным импульсным электронным пучком. При частичном оплавлении поверхности облучения процесс модификации пластин кремния сопровождается формированием многочисленных микропор, расположенных вдоль границы раздела пластина/матрица, и микротрещин, расположенных в пластинах кремния. Основными причинами увеличения срока службы является формирование мультимодального состояния многофазной субмикро- и наноразмерной структуры, способной привести к значительному увеличению критической длины трещины.

Введение

Наиболее частой причиной выхода из строя оборудования, механизмов, машин и сооружений является усталостное разрушение материала [1]. В связи с этим актуальным является решение задачи предотвращения усталостных разрушений (увеличения срока службы) ответственных деталей. Как правило, зарождение усталостных трещин наблюдается в поверхностном слое детали [2]. Одним из высокоэффективных методов модификации поверхности деталей и, как следствие, повышения их усталостного ресурса [3–5]

является обработка материала высокоинтенсивным импульсным электронным пучком. Такая обработка позволяет изменять структуру поверхностного слоя толщиной в десятки микрометров, переводя его в мультимодальное структурно-фазовое состояние и практически не изменяя структурно-фазового состояния основного объема металла [6–10].

Целью настоящей работы является анализ закономерностей модификации структуры силумина высокоинтенсивным импульсным электронным пучком, выявление механизмов, ответственных за